

07/2/03

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of : Hubert REMMLINGER, Robert INGENBLEEK,
Serial no. : Gabriele SCHUWERK and Rolf SCHMITZ
For : METHOD AND DEVICE FOR MACHINE
DIAGNOSIS, ESPECIALLY FOR
TRANSMISSION DIAGNOSIS
Docket : ZAHFRI P520US

MAIL STOP PATENT APPLICATION
Commissioner of Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

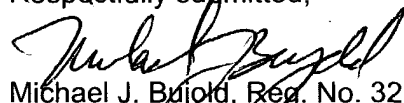
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY

Dear Sir:

A claim for priority is hereby made under the provisions of 35 U.S.C. § 119 for the above-identified United States Patent Application based upon German Patent Application No. 102 30 759.8 filed July 9, 2002. A certified copy of said German application is enclosed herewith.

In the event that there are any fee deficiencies or additional fees are payable, please charge the same or credit any overpayment to our Deposit Account (Account No. 04-0213).

Respectfully submitted,



Michael J. Bujold, Reg. No. 32,018

Customer No. 020210

Davis & Bujold, P.L.L.C.

Fourth Floor

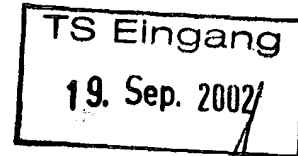
500 North Commercial Street

Manchester NH 03101-1151

Telephone 603-624-9220

Facsimile 603-624-9229

E-mail: patent@davisandbujold.com



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 30 759.8

Anmeldetag: 09. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: ZF Friedrichshafen AG,
Friedrichshafen/DE

Bezeichnung: Verfahren und Einrichtung zur Maschinen-
diagnose und insbesondere zur Getriebe-
diagnose

IPC: G 01 M 13/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. September 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

lerofsky

Verfahren und Einrichtung zur Maschinen-
diagnose und insbesondere zur Getriebediagnose

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur
Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose für
eine Maschine bzw. ein Kraftfahrzeug gemäß dem Oberbegriff
des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung
eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

10 Bei modernen Maschinen und Nutzfahrzeuggetrieben wird
heutzutage eine Lebensdauerbefüllung mit Maschinenöl bzw.
Getriebeöl angestrebt, wobei beispielsweise eine typische
Kilometerleistung mit einem dieser verwendeten Getriebe in
15 der Größenordnung von 1 Million Kilometer liegt.

Das Maschinenöl bzw. Getriebeöl dient zur Schmierung
und Kühlung von sämtlichen Maschinenelementen. Da es nie
gewechselt wird, ist es hervorragend zur Maschinen- bzw.
20 Getriebediagnose geeignet, da im Öl im Laufe der Zeit Ab-
riebpartikel jeglicher Art gespeichert werden. Folglich
gibt die Analyse des Maschinen- bzw. Getriebeöls Aufschluss
über den Zustand der Maschine bzw. des Getriebes.

25 Hierbei ist der ferritische Abrieb von besonders gro-
ßer Bedeutung, da bei nahezu jeder sich anbahnenden Schäd-
igung z. B. Wälzlagerverschleiß, Pittingbildung in der Ver-
zahnung bis hin zum Zahnbruch, Planetenträgerbolzenver-
schleiß usw. ferritischer Abrieb alleine oder in Kombinati-
30 on mit anderen Verschleißarten (Buntmetallverschleiß, Mo-
lybdänzerrüttung, etc.) entsteht.

Nach dem Stand der Technik existiert derzeit ein in DE 100 58 844 A1 offenbartes Öldiagnosesystem der Anmelderin, das ferritische Verschleißmetalle mittels eines induktiven Messsystems nachweist. Dieses Messsystem ist in einem
5 ölführenden Kanal eines Getriebes oder einer Maschine eingebaut. Es verwendet eine Primär- und eine Sekundärspule, die jeweils um einen weichmagnetischen Kern gewickelt sind und die an gegenüberliegenden Seiten in dem ölführenden Kanal angeordnet sind. Die Spulenanordnung bildet einen
10 Transformator aus, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen aufgetrennt ist. Eine an der Primärspule angelegte Spannung erzeugt einen magnetischen Fluss, welcher in der Sekundärspule eine Gegeninduktionsspannung erzeugt. Die Höhe der Gegeninduktionsspannung ist abhängig vom Kopp-
15 lungsfaktor der beiden Spulen, welcher wiederum wesentlich von der Anlagerung des ferritischen Abriebs an dem aufgetrennten Eisenkreis abhängt. Damit kann die Änderung der Gegeninduktionsspannung als ein Maß für die Konzentration der ferritischen Abriebpartikel im Getriebeöl verwendet
20 werden.

Ein derartiges Öldiagnosesystem erweist sich aufgrund deren Komplexität und deren hochwertigen Komponenten als kostspielig. Solche Eigenschaften machen jedoch solche Ent-
25 wicklungen im freien Wettbewerb uninteressant. Darum ist es erforderlich, beständig nach einfachen und kostengünstigen Lösungen zu suchen.

Der vorliegenden Erfindung liegt demnach die Aufgabe
30 zugrunde, ausgehend von dem eingangs erwähnten Stand der Technik ein Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose anzugeben, welches die ferritischen Abriebpartikel selektiv erfasst und eine Online-Diagnose

des Maschinen- bzw. Getriebezustandes einfach und kostengünstig ermöglicht. Des weiteren soll eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

5 Die Lösung der vorgenannten Aufgabe erfolgt mit den in dem unabhängigen Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

10 Das Messsystem befindet sich in dem hydraulischen Kreis innerhalb eines Getriebes. Es wird gebildet aus einer Spule, die um einen weichmagnetischen Spulenkern gewickelt ist und einer elektronischen Einheit für die Auswertung der Spulenspannung und der Spuleninduktivität. Die Spule sitzt
15 beispielsweise in einem ölführenden Kanal an der Unterseite. Gegenüber der Spule befindet sich ein rotierendes Zahnrad. Die Polflächen des Zahnrades beinhalten die Funktion eines Signalgebers, welcher die Induktivität und damit auch das Spannungssignal der Spule beeinflusst.

20

Die Spule befindet sich in einem Gehäuse. Hohlräume zwischen dem Spulenkern und dem Gehäuse sind mit einer Vergussmasse gefüllt, wobei für die ferritischen Abriebpartikel zusätzlicher Raum geschaffen wird, indem der weichmagnetische Spulenkern den Verguss in der Höhe überragt. Es
25 entsteht eine ringförmige Vertiefung. Der herausragende Spulenkern wirkt als Polfläche, an welcher sich die ferritischen Abriebpartikel vorwiegend anlagern. Der Abstand zwischen den Polflächen der Spule und des Zahnrades bzw.
30 die Spalthöhe beträgt konstant h_0 .

Eine elektronische Steuereinheit wird mit dem Spannungssignal der Spule gespeist und berechnet deren Indukti-

vität. Die Änderung des Spannungssignals und der Spuleninduktivität wird als Maß für die angesammelten ferritischen Abriebpartikel verwendet. Auf diese Weise werden ferritische Abriebpartikel im Getriebeöl detektiert. Damit wird
5 frühzeitig der Verschleiß bei Zahnrädern, Lagern und anderen mechanisch beanspruchten Teilen im Getriebe erkannt. Totalausfälle des Getriebes werden vermieden und hohe Kosten, welche durch die Anschaffung eines neuen Getriebes erzeugt werden, können durch noch mögliche Reparaturen gesenkt werden.

Weitere Vorteile der Erfindung sind:

- die Funktionsweise des Messsystems ist unabhängig vom
15 Transportfluid;
- die Funktionsweise des Messsystems ist unabhängig vom Kanalquerschnitt;
- die Funktionsweise des Messsystems ist weitgehend unabhängig von der Reynoldszahl und von Lufteinschlüssen
20 im Transportfluid;
- die Messmethode zeichnet sich aus durch deren Effektivität und deren robuster Konstruktion;
- das Messsystem bietet die Möglichkeit zur Online-Diagnose.

25 Durch die Anlagerung von ferritischen Abriebpartikeln verändert sich der magnetische Fluss in der Spule, was wiederum eine Änderung der induzierten Spannung in der Spule hervorruft. Anhand der Spannungs- bzw. Induktivitätskennlinie lässt sich eine Aussage über die angesammelten ferritischen Abriebpartikel machen. Die Auswertung der Spannungs- bzw. Induktionskennlinie ist beispielsweise mit der Festle-
30 gung eines Schwellwert des analogen Spannungssignals durch-

föhrbar. Die Definition eines Schwellwerts des Analogsignals ist abhängig vom verwendeten Messprinzip. Durch kontinuierliches Ansammeln von ferritischen Abriebpartikeln über den Gesamtzeitraum einer Getriebeölbefüllung lässt sich ein
5 akkumulierendes Signal auswerten, bei dem sowohl der Absolutwert als auch dessen Steigung ausgenutzt werden können.

Beispielsweise wird bei einer Überschreitung des Absolutwertes eine Information bereitgestellt, mit der sich eine Überprüfung/Wartung des Getriebes verbinden lässt. Bei der Betrachtung der Steigung bzw. des Gradienten der Spannung- bzw. Induktivitätskennlinie hingegen, werden die Gradienten abhängig von der Zeit und/oder der Laufleistung des Getriebes miteinander verglichen. Ändert sich der Gradient in außerordentlichem Maße wird hier ebenfalls eine
15 Information bereitgestellt, die als Warnung für einen sich anbahnenden Getriebeschaden gewertet wird.

Alternativ kann man das Signal in einem Zeitraum nach
20 einem zuvor durchgeführten „Reset“ betrachten. Der Reset entsteht durch Abschalten des Stromes des Elektromagneten, welcher den angesammelten Abrieb daraufhin freigibt. Anschließend kann erneut die Akkumulation der ferritischen Abriebpartikel bis zu einem Schwellwert der Spannung
25 und/oder innerhalb eines festgelegten Zeitraums gemessen werden. Die Sensitivität des Sensors wird mit diesem Verfahren größer.

Ferner lassen sich Zwischenergebnisse einer Anzahl von vorangegangenen Messungen in einem nichtflüchtigen Speicher
30 ablegen, dessen Werte eine Statistik bzw. Mittelung und Bewertung der chronologischen Reihenfolge zulassen.

Unterschiedliche Verfahren zur Auswertung des Meßsignals sind somit denkbar, die mit dieser Art von Sensor realisiert werden können.

- 5 Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung ist die Verwendung eines bereits vorhandenen Drehzahlmessensors, welcher derart modifiziert wird, dass sich die ferritische Abriebpartikel an den Polflächen der Spule anlagern.

- 15 Dieses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil das die Kosten gesenkt werden, da schließlich ein bereits vorhandener Sensor mit der erfindungsgemäßen Eigenschaft ausgerüstet wird. Ein weiterer Vorteil ist die Platz- und Gewichtsersparnis durch die Benutzung eines einzigen Sensors für
mehrere Anwendungen.

- 20 Weitere Vorteile ergeben sich aus dem in der Figur gezeigten Ausführungsbeispiel. Die Figur zeigt den schematischen Aufbau und die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Messsystems. Dargestellt ist ein Längsschnitt durch ein
Teilstück eines ölführenden Kanals 9 in einem Getriebe. Der Kanalquerschnitt kann beliebig ausgeführt sein. Die Funktion des Messsystems wird dadurch nicht beeinträchtigt. Der
25 Ölstrom 10, der im Kanal 9 fließt, ist mit ferromagnetischen Partikeln, überwiegend Eisen- bzw. Stahlpartikel, den ferritischen Abriebpartikeln 3 verunreinigt. Die örtliche Verteilung dieser Partikel ist für die Funktion des Messsystem unerheblich, da das Messsystem eine einstellbare
30 Fangwirkung auf die Partikel ausübt. Die Fangwirkung geht von einer bestromten Spule 2 aus, welche um einen weichmagnetischen Kern 11 gewickelt ist. Die bestromte Spule 2 wirkt wie ein Permanentmagnet, welche die ferritischen Ab-

riebspartikel 3 aus dem Ölstrom 10 filtert. Einstellbar ist die Fangwirkung über die Windungszahl N der Spule 2, der verwendeten Materialien und der Höhe des durch die Spule 2 fließenden elektrischen Stromes. Durch die Einstellmöglichkeit dieser Parameter kann das Messsystem auf unterschiedliche Umgebungsbedingungen (Kanalquerschnitt, Grad der Verunreinigung und Fließgeschwindigkeit des Öls) angepasst werden.

Die Spule 2 befindet sich an der Unterseite des ölführenden Kanals 9. Gegenüber der Spule 2 ist ein rotierendes Zahnrad 6 angeordnet. Der Abstand zwischen den Polflächen des Spulenkerns 11 und des Zahns 7 bzw. die Spalthöhe beträgt konstant h_0 5. Die Induktivität der Spule 2 wird durch das gegenüberliegende Zahnrad 6 beeinflusst. Befindet sich ein Zahn direkt über der Spule 2, erfährt das Messsystem eine maximale Änderung des Spannungssignals der Spule. Aufgrund der Rotation des Zahnrades 6 hat das Spannungssignal der Spule 2 einen impulsartigen Verlauf. Auf diese Weise kann durch Zählung der Impulse die Drehzahl des Zahnrades 6 bestimmt werden. Lagern sich ferritische Abriebpartikel 3 an den Polflächen des Spulenkerns, aufgrund seiner magnetischen Fangwirkung ab, wird die Induktivität der Spule 2 ebenfalls verändert. Diese Änderung wird in der elektronischen Einheit ECU 8 erfasst und ausgewertet. Die Änderung des Spannungssignals der Spule 2 aufgrund der ferritischen Abriebpartikel 3 ist rechnerisch dadurch zu ermitteln, dass der konstante impulsartige Verlauf, welcher von der Rotationsbewegung des Zahnrades 6 erzeugt wird, als eine Art „Offset“ unterlegt wird. Die Abweichung von dem „Offset“ ist auf die Anlagerung von ferritischen Abriebpartikel 3 zurückzuführen und ist damit zur Verwendung als Maß für die angesammelten ferritischen Abriebpartikel 3 geeignet.

net. Auf diese Weise können ferritische Abriebpartikel 3 im Getriebeöl gefiltert und detektiert werden und zur Früherkennung von sich anbahnenden Getriebebeschäden dienen.

Bezugszeichen

- | | | |
|---|----|----------------------------|
| | 1 | Polfläche Spulenkern |
| 5 | 2 | Spule |
| | 3 | Ferritische Abriebpartikel |
| | 4 | Verguss |
| | 5 | Spalthöhe h_0 |
| | 6 | Zahnrad |
| | 7 | Polfläche Zahnrad |
| | 8 | ECU elektronische Einheit |
| | 9 | Ölführender Kanal |
| | 10 | Ölstrom |
| | 11 | Spulenkern |

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere
5 zur Getriebediagnose mittels der Analyse des Maschinen-
bzw. Getriebeöls und insbesondere zur Detektierung von fer-
ritischen Abriebpartikel (3), dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , dass ein Messsystem mit einer Spule (2)
verwendet wird, dessen Ausgangssignal ein Maß für den Zu-
stand der Maschine bzw. Getriebe ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , dass die Induktivität der Spule (2)
mittels eines der Spule (2) gegenüberliegenden Elementes
15 beeinflusst wird, wobei die Spule (2) an der Unterseite in
einem ölführenden Kanal (9) einer Maschine bzw. Getriebe
eingebaut ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n -
20 z e i c h n e t , dass das der Spule (2) gegenüberliegen-
de Element ein Zahnrad (6) ist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüchen,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass die Spule (2)
25 wie ein Fangmagnet wirkt, welcher eine magnetische Fluss-
dichte über den Querschnitt des ölführenden Kanals (9) hin-
weg erzeugt, und dadurch die Anlagerung der zu detektieren-
den ferritischen Abriebpartikel (3) an der Spule (2) be-
wirkt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüchen,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass die Anlage-
30 rung der ferritischen Abriebpartikel (3) auf der Oberfläche

der Spule (2) deren Induktivität und damit dessen Ausgangssignal verändert und diese Veränderung von einer elektronischen Einheit (8) erfasst und ausgewertet wird.

5 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Effektivität und Empfindlichkeit des Messsystems mittels Größe des durch die Spule (2) fließenden elektrischen Stromes, Materialauswahl und Windungszahl der Spule (2) einstellbar ist und damit das Messsystem an unterschiedliche Umgebungen adaptierbar ist.

15 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem außerdem eine Drehzahl des der Spule (2) gegenüberliegendes Elementes aufnimmt.

20 8. Vorrichtung zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose mittels der Analyse des Maschinen- bzw. Getriebeöls und insbesondere zur Detektierung von ferritischen Abriebpartikel (3), dadurch gekennzeichnet, dass an der Unterseite eines ölführenden Kanals (9) eine auf einem Spulenkern (11) gewickelte Spule (2) angeordnet ist, auf dessen Oberfläche sich die zu
25 detektierenden ferritischen Abriebpartikel (3) anlagern, wobei die ferritischen Abriebpartikel (3) die Induktivität und damit das Ausgangssignal der Spule (2) beeinflussen, welches damit ein Maß für den Zustand der Maschine bzw. des Getriebes ist.

30

 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass gegenüber der Spule (2) ein Element angeordnet ist, welches die Induktivität der

Spule (2) derart beeinflusst, so dass das Spannungssignal der Spule (2), entsprechend einer Rotationsbewegung des Elementes, Impulse aufweist.

5 10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Messsystem eine elektronische Einheit (8) beinhaltet, welche das Ausgangssignal der Spule (2) erfasst, wobei das Ausgangssignal wenigstens zwei Informationen beinhaltet,

- eine erste Information in einem impulsartigen Verlauf mit gleichbleibender Amplitudenhöhe und
- eine zweite Information in der Abweichung von dieser Amplitudenhöhe,

15 wobei die Abweichung von dieser Amplitudenhöhe auf die Anlagerung der ferritischen Abriebpartikel (3) zurückführbar ist und aus dem impulsartigen Verlauf die Drehzahl des Elementes errechenbar ist.

Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zur Maschinen-
5 diagnose und insbesondere zur Getriebediagnose

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose für eine Maschine bzw. ein Kraftfahrzeug. Das erfindungsgemäße Messsystem beinhaltet einen auf einem Spulenkern (11) gewickelte Spule (2), auf dessen Oberfläche sich die zu detektierende ferritischen Abriebpartikel (3) anlagern. Gegenüber der Spule (2) ist ein rotierendes Zahn-
15 rad (6) angeordnet, welches die Induktivität der Spule (2) beeinflusst. Das Ausgangssignal der Spule (2) weist Impulse mit gleichbleibender Amplitude auf, deren Frequenz von der Rotationsgeschwindigkeit des Zahnrades (6) abhängt. Abweichungen in der Amplitudenhöhe sind auf die Anlagerung von
20 ferritischen Abriebpartikel (3) an der Spule (2) zurückführbar und daher ein Maß für den Zustand der Maschine bzw. des Getriebes.

Figur

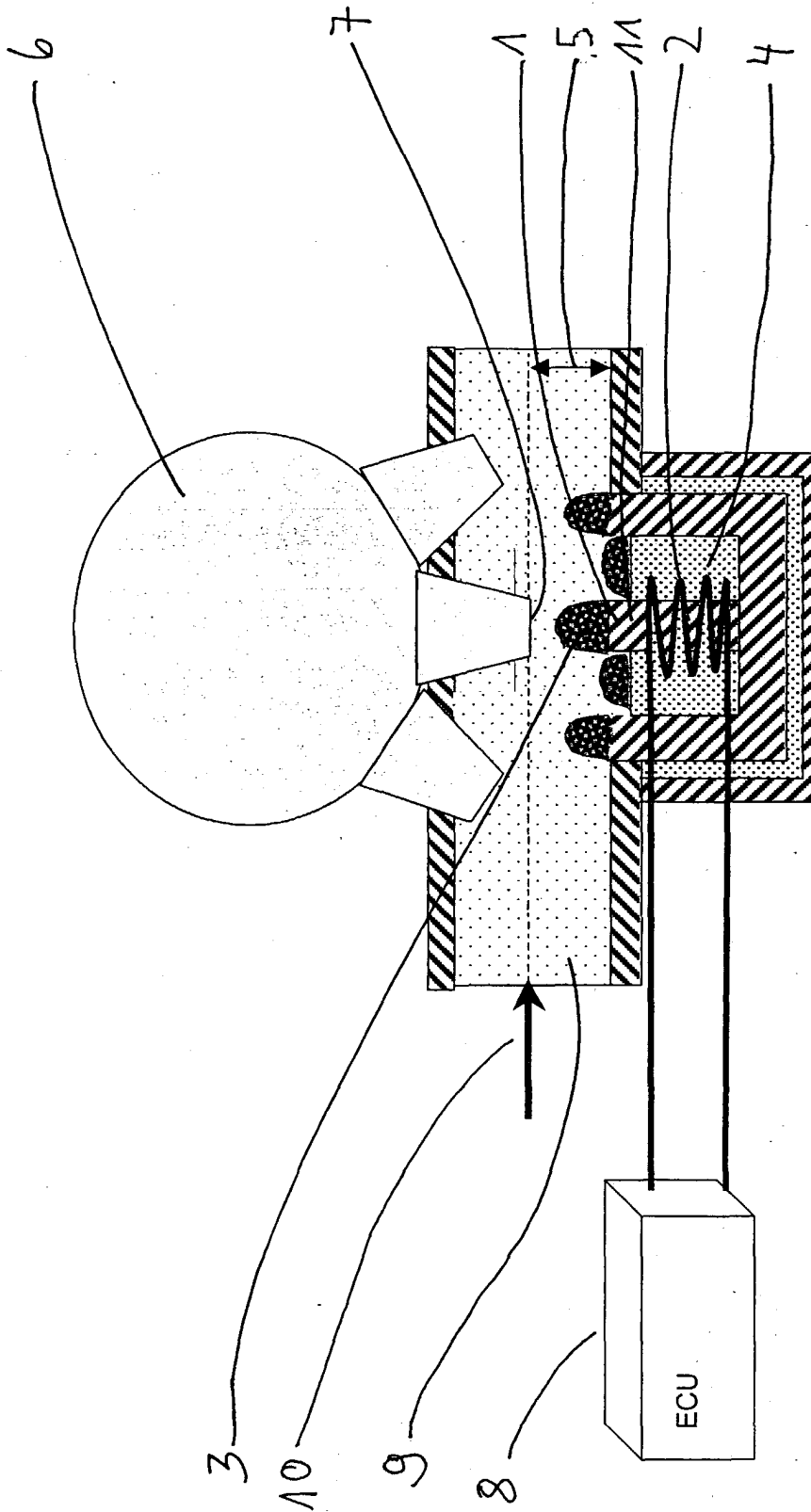


Fig.